

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra výrobních strojů a konstruování

Konstrukční návrh housenicového podvozku pro rýpadla

Construction design of tracked mounting for excavator

Student:

Václav Kulík

Vedoucí bakalářské práce:

prof. Ing. Horst Gondek, DrSc.

Ostrava 2012

Zadání bakalářské práce

Student: **Václav Kulík**

Studijní program: B2341 Strojírenství

Studijní obor: 2302R010 Konstrukce strojů a zařízení

Specializace: 10 Stroje pro těžbu a zpracování užitkových surovin

Téma: **Konstrukční návrh housenicového podvozku pro rýpadla**
Construction Design of Tracked Mounting for Excavators

Zásady pro vypracování:

- 1) Proveďte rešerši zařízení pro pojezd velkostrojů
- 2) Proveďte konstrukční návrh nosiče housenic pro rýpadlo o hmotnosti 3900 tun
- 3) Proveďte základní výpočet výkonu pohonu housenicového podvozku a pevnostní výpočet nosiče housenic.
- 4) Proveďte detailní výkres článku housenicového pásu.

Seznam doporučené odborné literatury:

ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.

ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, 2007. 48 s

Gondek, H., Ševčík, A.: *Stroje pro těžbu a zpracování užitkových surovin I*, Vydala: VŠB – TU Ostrava, Ostrava 2006, ISBN 80- 248- 1040 - 9

BOLEK, A. – KOCHMAN, J. et.al.: *Části strojů – 1. svazek*. 5. vydání Praha. SNTL – Nakladatelství technické literatury, n. p., 1989, 775 s. ISBN 80-03-00048-7.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **prof. Ing. Horst Gondek, DrSc.**

Datum zadání: 16.12.2011

Datum odevzdání: 21.05.2012



doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář
vedoucí katedry



prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě.....16.5.2012

.....

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická universita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- Beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím ze zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě.....16. 5. 2012

.....Kulík

Václav Kulík
Račetice 109
438 01 Žatec

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

KULÍK, V. Konstrukční návrh housenicového podvozku pro rýpadla. Ostrava: Katedra výrobních strojů a konstruování, Fakulta strojní VŠB – Technická universita Ostrava, 2012, 48 s. Bakalářské práce, vedoucí Gondek, H.

Bakalářská práce se zabývá návrhem housenicového podvozku pro rýpadla s využitím pro povrchovou těžbu uhlí. V první části je uveden přehled podvozků rýpadel pro různé aplikace. V druhé části byl proveden návrh nosiče housenic rýpadla o hmotnosti 3900 tun. Ve třetí části byl vypracován základní výpočet výkonu pohonu housenicového podvozku a pevnostní výpočet nosiče housenic. Čtvrtá část obsahuje detailní výkres článku housenicového podvozku.

Abstract of thesis

KULÍK, V. Construction Design of Tracked Mounting for Excavators. Ostrava: Department of Production Machinery and design, Faculty of Mechanical Engineering VŠB – Technical University of Ostrava, 2012, 48 p. Thesis, head Gondek, H.

This thesis concerns design of a tracked chassis for an excavator used for surface coal mining. The first part provides an overview of chassis of various purpose excavators. In the second part a caterpillar carriage for a 3.900 ton excavator is designed. The third section contains basic calculations of the tracked chassis drive output and stress calculations for the caterpillar carriage. The fourth section contains a detailed design of a tracked chassis element.

Obsah bakalářské práce

	strana
Seznam použitého označení	7
Úvod	9
1. Rešerše zařízení pro pojezd velkostrojů	10
1.1. Konstrukce kolejových podvozků	10
1.2. Kráčivé podvozky	12
1.3. Housenicové podvozky	17
1.4. Mazání podvozků rýpadel	19
2. Konstrukční návrh nosiče housenice pro rýpadlo o hmotnosti 3900 tun	22
3. Základní výpočet výkonu pohonu housenicového podvozku a pevnostní výpočet nosiče housenic	25
3.1. Výpočet celkového jízdního odporu	26
3.1.1. Odpor ze zrychlení při rozjezdu – W_a	26
3.1.2. Valivý odpor přímé jízdy – W_V	26
3.1.3. Pasivní vnitřní odpory – W_P	28
3.1.4. Odpor při projíždění oblouku – W_o	29
3.1.5. Odpor stoupání – W_S	31
3.1.6. Odpor větru – W_r	32
3.2. Výpočet výkonu housenicového podvozku	32
3.2.1. Výpočet tažné síly na jednu housenici	33
3.2.2. Výpočet celkového výkonu pro jednu housenici	33
3.3. Pevnostní výpočet nosiče housenic	34
3.3.1. Výpočet ohybového momentu	35
3.3.2. Výpočet kvadratických momentů a průřezových modulů	35
3.3.3. Výpočet napětí v průřezu	35
3.3.4. Výpočet maximálního průhybu	35
4. Údržba housenicového podvozku	36
4.1. Napínání housenicových článků	36
4.2. Oprava prasklin nosiče housenice	38
4.3. Nedestruktivní defektoskopie	38

	strana
5. Příprava pojezdové pláně pro provoz housenicového podvozku	40
5.1. Dělení pláně podle rizik	40
5.2. Bezpečnost práce v rizikovém území	42
Závěr	44
Seznam obrázků	45
Seznam tabulek	46
Seznam příloh	47
Použitá literatura	48

Seznam použitého označení

Značka	Význam	Jednotka
P	výkon pohonu housenicového podvozku	kW
B	šířka housenice	m
L	délka housenice	m
R	poloměr oblouku	m
F	síla zatížení podvozku	N
G	provozní tíha rýpadla	N
T	třecí síla mezi články housenice	N
Q	zatížení podvozku	N
E	modul pružnosti	MPa
n	počet housenic	-
p	střední měrný tlak na jezdovou plášť	MPa
v	rychlost jízdy	m.s ⁻¹
l	délka nosiče housenice mezi čepy vahadel	m
k	koeficient bezpečnosti	-
f	součinitel valivého tření nosných kladek	-
m	celková hmotnost rýpadla	kg
g	gravitační zrychlení	m.s ⁻²
a	zrychlení	m.s ⁻²
F _T	tažná síla	N
S _p	celková plocha housenicových pásů	m ²
S ₁	plocha hloubky zaboření	m ²
S ₂	plocha usmýknutí	m ²
M _z	moment zaboření	N.m
F _u	síla usmýknutí	N
M _u	moment usmýknutí pásu	N.m
M _c	celkový moment zatáčení	N.m
W _v	valivý odpor při přímé jízdě	N
W _o	odpor při jízdě do oblouku	N

Seznam použitého označení

Značka	Význam	Jednotka
W_s	odpor při jízdě do svahu	N
W_a	odpor ze zrychlení při rozjezdu	N
W_r	odpor větru	N
W_p	pasivní odpory	N
W_o	průřezový modul	m^3
M_o	ohybový moment	N.mm
R_e	mez kluzu	MPa
Y_{max}	maximální průhyb	mm
S'	obrysová plocha rýpadla	m^2
p_o	součinitel měrného tlaku pojezdové pláně	$MPa \cdot mm^{-1}$
k_z	pevnost zeminy ve smyku	MPa
t_r	doba rozjezdu	s
p_v	měrný tlak větru	Pa
h_l	hloubka zaboření	m
a^*	součinitel dodatečných odporů	-
σ_o	ohybové napětí	MPa
σ_{Do}	dovolené ohybové napětí	MPa
η_m	mechanická účinnost	-
ΣW	celkový odpor pojezdu	N
ψ	korekční faktor	-
μ	součinitel tření	-
α	úhel sklonu svahu	°
δ	úhel vnitřního tření	°
α^*	korekční součinitel	-
μ'	součinitel tření v čepech článků housenice	-

Úvod

S rostoucím vývojem v oblasti techniky je v současné době postavit nejrůznější stroje o obrovských hmotnostech, které je zapotřebí také přemísťovat. K tomuto slouží podvozky, s úkolem zajištění mobility rýpadel používaných k těžbě hnědého uhlí. Vhodné použití konstrukčního řešení podvozku je přímo spjaté s využitím rýpadla v dané lokalitě těžebního lomu. Stroje používané k těžbě hnědého uhlí pracují v těžkých přírodních podmínkách, proto podvozek musí zajistit stabilitu a přenos tíhy rýpadla na pojezdovou plášť.

Cílem této práce je navrhnout výkon pohonu housenicového podvozku. Pohon musí být schopen vyvodit takovou sílu, aby byl stroj uveden do pohybu se zohledněním na všechny ztěžující podmínky běžné pro povrchové dobývání uhlí.

Práce bude obsahovat přehled jednotlivých konstrukčních řešení podvozků rýpadel využívaných při těžbě, jejich výhody a využití.

Součástí této práce bude konstrukční návrh nosiče housenice, pevnostní výpočet a výkres housenicového článku.

1. Rešerše zařízení pro pojezd velkostrojů

Pojezdové podvozky velkostrojů, tvoří základní konstrukční uzel se značným významem na stabilitu stroje. Pomocí samotné konstrukce pojezdu dochází k přenosu hmotnosti rýpadla na pojezdovou podložku, stabilita stroje při práci je dalším prvkem, kde význam pojezdu je nezanedbatelný. Volba vhodného typu pojezdu je dána zařazením velkostroje do samotné technologie těžby. Při současných způsobech dobývání hnědého uhlí, frontálním systémem, je kladen velký důraz na co nejmenší časové ztráty při přejezdech rýpadel přes tzv. neúčinné prostory a přejezdy mezi jednotlivými řezy. Podvozky významnou měrou určují samotnou celkovou hmotnost velkostroje, což se odráží do výrobní celkové ceny, která je v této době přímo ovlivněna cenou hutní výroby.

1.1. Konstrukce kolejových podvozků

Základem konstrukce kolejových podvozků vahadlových systémů je osmikolový podvozek. Jeho konstrukce je řešena tak, aby i značné nerovnosti kolejiště (horizontální či vertikální) překonal jako staticky určitý celek. Základním znakem těchto podvozků je nepoužívání typického železničního elementu kolejových soukolí.



Obr.6.10: Použití kolejového podvozku skládkového stroje DNT

Vlastní vahadlový podvozek je na straně dvoubodové (pevné) podpory konstruován tak, aby byl možný v každém vahadlovém kloubu relativní pohyb vahadel kolem svislé osy a osy kolmé na směr kolejí a směr natočení kolem osy rovnoběžné s kolejemi je blokován.

Na straně jednobodové (kulový opěrný čep) je vahadlo konstruováno obdobně jako u podpory dvoubodové, pouze spojení tvoří již zmíněný kulový čep s možností pohybu podvozku všemi směry. Oba podvozky tvoří portál, jehož široké rozpětí je nutné především z důvodu stability a také pro umístění dopravního systému.

U velmi těžkých velkostrojů (hmotnost přes 3000t) by konstrukce vahadlových kolejových podvozků vycházela neúměrně dlouhá a vysoká, proto se staví více kolejové podvozky (4 - kolejové na jedné straně), kde základem je osmikolový podvozek a čtyři takovéto podvozky jsou spojeny pomocí trojbokých vahadel do 32 kolové základní podvozkové skupiny, které jsou vahadlovým systémem spojovány dále. Pro spojení osmikolových podvozků může být také použito šikmých spojovacích vahadel.



Obr.6.11: Vahadlový systém kolejového podvozku skládkového stroje DNT

Pohon kolejového podvozku je řešen tak, že jedna část osmikolového podvozku je hnací a druhá část je hnaná. Maximální síla, kterou může přenést jedno kolo kolejového podvozku na směr kolejí, je dána stabilitou kolejnice. Jedná se vlastně o sílu, při níž nedojde k překlacení kolejnice bez uvážení vlivu upevňovadel. Vlastní styk zatíženého kola vertikální silou je kontaktní tlak mezi kolem a kolejnicí.

Kolejové podvozky se s výhodou používají na homogenizačních a vyrovnávacích skládkách uhlí, které jsou zařazeny do technologických celků dolů. Součástí údržby kolejového podvozku je také kolejový rošt. Snahou je mít kolejovou dráhu ideálně rovinnou aby došlo k rovnoměrnému rozložení tlaku, daného tíhou stroje na kolejnici a tím ke snížení opotřebení pojezdových kol.

1.2. Kráčivé podvozky

Jedná se o podvozky, které mají své uplatnění na obřích rýpadlech, zakladačích, ale i na dobývacích velkostrojích, a to především z těchto důvodů:

- Možnost použití tam, kde se požaduje nízký měrný tlak na podložku (hmotnosti strojů dosahují vysokých hodnot), protože konstrukce všech typů kráčivých podvozků má dosti značnou plochu dosedací části. Měrný tlak bývá 40 - 70 kPa.
- Konstrukce umožňuje nízkou stavební výšku a tím je výrazně ovlivněna celková stabilita stroje.
- Přímocarý pohyb stroje je úhlem natočení otočné části rýpadla (kam se stroj natočí, tím směrem může odkrácet).

Mezi nevýhody kráčivých podvozků patří:

- Nižší rychlost pohybu (0,25 – 0,3 km/hod při délce kroku 1,5 – 2 m)
- Při transportu na větší vzdálenosti se výrazně zvyšuje teplota tlakového média (nutnost přestávek)
- Systém kráčení přináší zvýšené namáhání rámu stroje, dynamiku namáhání.
- Nelze regulovat délku kroku

Rozdělení kráčivých podvozků z hlediska konstrukčního provedení:

a. Mechanické kráčivé systémy

- **kráčivé zařízení s klikovým mechanismem:** pohyb stroje je založen na klasickém klikovém mechanismu, který je tvořen klikou, ozubeným převodem, objímkou a křížákem. Za klidu strojovny se ozubeným převodem uvede klika do pohybu vyznačeným směrem.

Tím se uvede celý mechanismus do pohybu a lyžina dosedne na pojezdovou podložku. Otáčením kliky se lyžina, opíráním o pojezdovou podložku, začne pohybovat.

- **kráčivé zařízení s výstředníky:** pohyb posunutí stroje je rozdělen do čtyř fází. Strojovna, ke které je připojen výložník, se otáčí kolem své osy, ta je spojena spolu s opěrnou kruhovou deskou, která leží na pojezdové podložce. Otáčením kolem osy řídíme směr kráčení. Ve strojovně je na obou stranách hřídele výstředník s pohonem. Pohyb rýpadla při tomto systému kráčení je směrem od výložníku, tedy vzad.

- **kráčivý systém Ransomes & Rapier**

Tyto kráčivé systémy se používají u velkých lopatových rýpadel v USA a rýpadel s vlečným korečkem v Rusku. Způsob kráčení je založen na stejném principu jako vahadlový systém. Mechanismus je poháněn kruhovým výstředníkem, uloženým ve strojovně na hřídeli v určitém bodě. Na něm je otočně uložena na řadě válečků páka, která je v tomto bodě připojena na vahadle a nese na protilehlém čepu lyžinu.

b. Hydraulické kráčivé systémy

- **s hydraulickým válcem hlavním a pomocným:** čtyři hydraulické válce jsou namontovány ve dvou párech na stranách strojovny. Jeden z válců je hlavní a jeden vedlejší (menšího průměru). Válce jsou uchyceny v kloubech a společném čepu na lyžinách. Tlakový olej dosahuje cca 20 Mpa a každou stranu zásobuje samostatná jednotka (rychlost kráčení max. 100m/hod). Při zdvižení obou válců nad podložku dojde k vysunutí na maximální délku. Po natočení strojovny se začne vysouvat pomocný válec a dojde k dosednutí lyžiny na podložku, tím se začne vysouvat hlavní válec a nadzvednutím strojovny dochází k pohybu.

- **s dvěma hydraulickými válci do tvaru V:** tento systém je používán na pasových zakladačích ZP 6 600. Princip činnosti spočívá v tom, že každá lyžina je ovládána dvěma hydraulickými válci, postavenými do tvaru V a plnícími funkci zdvihového a výsuvového válce. Hydraulické válce jsou na lyžině uloženy na společném čepu a kloubově uchyceny na stavbě zakladače. Zdvih lyžin je omezen na pouhé nadlehčení stroje, aby byl umožněn pohyb stroje bez výkyvů výložníku.

- **se čtyřmi hydraulickými válci:** kráčivý podvozek se skládá z obdélníkové centrální opěrné desky a dvou obdélníkových lyžin (chodidel), které jsou ovládány pomocí hydraulických válců zdvihových a přesuvných a spojeny se spodní stavbou rýpadla pomocí kloubových a čepových uchycení. Vedení lyžin vůči spodní stavbě je zajištěno soustavou kloubově uspořádaných vzpěr. Při práci rýpadlo může spočívat na všech opěrných plochách, čímž se měrný tlak na podložku značně zmenší. Změna směru natočení pojezdu rýpadla se uskutečňuje natočením celého stroje do požadovaného směru protisměrným kráčením lyžin. Tento systém je používán v ČR na kolesovém rýpadle KU 800 a je čs. patentem. Změna směru natočení pojezdu rýpadla se uskutečňuje natočením celého stroje do požadovaného směru protisměrným kráčením lyžin. Tento systém je používán v ČR na kolesovém rýpadle KU 800 a je čs. patentem.



Obr.6.12: KU 800 při transportu na montážní místo Březno

- **mezikruhový hydraulický systém kráčení:** vyznačuje se zvonovým tvarem podvozku. Pro natočení vnitřních opěr do žádaného směru pomocí točnice, je možné tlakem v hydraulických válcích zdvihu nadzvednout vnější opěru do nutné výšky a potom následuje přesunutí pomocí hydr. válce po přímých kulových drahách o krok. K natočení do jiného než přímého směru dochází pomocí kulové dráhy, která je uvnitř konstrukce kráčení. Pohyb pojezdu má omezení rozměry konstrukce mezikruhového systému. Hydraulické válce jsou poháněny samostatnou hydraulickou jednotkou. Tohoto systému kráčení se využívá u zakladačů na výsypkách. Tyto stroje slouží, v technologii těžby hnědého uhlí, k zasypání vytěžených pojezdových plání, kde se následně provádí rekultivace.

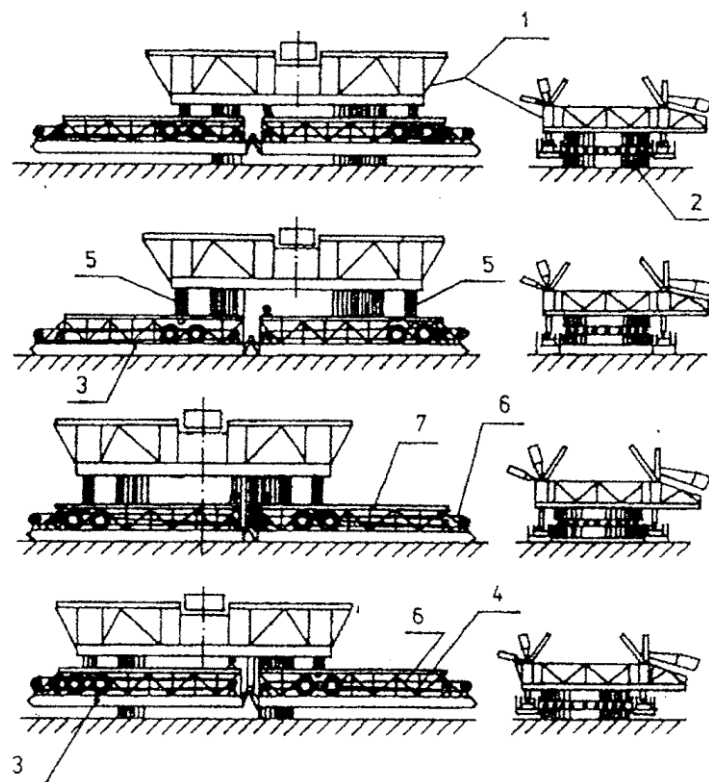


Obr.6.13: Využití mezikruhového hydraulického kráčení u ZP 2500

- **hydraulický systém kráčení s vnějšími prstenci:** jedná se o systém kráčení, který je použit na rýpadle K 10 000. Systém je shodný s předchozím, jen s tím rozdílem, že vnitřní opěry ledvinovitého tvaru je zde nahrazena lyžinami ve tvaru vnějšího prstence. Délka kroku je v tomto případě dána vůlí mezi uložením vnějšího prstence a kruhovou opěrnou deskou.

c. Kolejovo - kráčivé podvozky

Jedná se o kombinaci hydraulických kráčivých systémů a mechanického přesunu po kolejích, tím vzniká určitý atypický systém podvozku, který je používán výhradně v Rusku u rýpadel s vlečným korečkem a kolesových.



Obr.6.14: Schéma posunutí kolejovo - kráčivého podvozku

Základem tohoto systému je otočná deska stavby rýpadla, spočívající na kulové dráze, a opěrné desky, která je součástí spodní stavby, a pomocí níž se uskutečňuje styk s podložkou v pracovní poloze. Vzhledem k velkému průměru opěrné kruhové desky a kloubovému spojení lyžin podvozků, je velmi dobré rozložení tlaků na podložku.

Vlastní kráčivý mechanismus se skládá z podpěrných desek připevněných na lyžiny a zavěšených na pístnicích hydraulických válců, které jsou zakotveny do otočné desky. Zdvih hydraulických válců je možný v rozmezí vrchní a spodní kolejnice, umístěné na podpěrné desce. K přemístění se používá lanového kladkostroje nebo hydraulických válců.

Při práci má rýpadlo lyžiny zavěšeny na pístnicích hydraulických válců, které se otáčejí spolu s otočnou deskou stavby rýpadla. Při vlastním kráčení se rýpadlo natočí do směru kráčení, lyžiny se spustí na podložku. Další činností hydraulických válců zvedneme rýpadlo do výšky cca 0,5 m. Následuje zapnutí vrátek lanového kladkostroje a rýpadlo se přemístí na vzdálenost délky kroku.

Po přemístění hydraulické válce spustí rýpadlo na podložku opěrnou kruhovou deskou, zvednou se lyžiny, podvozek je připraven celý proces opakovat.

1.3. Housenicové podvozky

Housenicové podvozky jsou nejrozšířenějším konstrukčním řešením pojezdů rýpadel, používaných při těžbě nerostných surovin. Největší rozměr housenice co lze realizovat je širší 3600 mm a délky 15000 mm. Vzhledem k únosnosti zemin na povrchových dolech, ta se pohybuje v rozmezí 0,1 až 0,135 MPa, je možné pro získání větší plochy použít složením vícehousenicové podvozky, při dodržení tříbodového uložení a zachování statické určitosti namáhání ocelové konstrukce spodní stavby.

- **základní provedení housenicového podvozku:** používá se pouze u nejmenších rýpadel, přičemž tuhý základový rám nezaručuje rovnoměrné zatížení všech pojezdových kol a užívá se pouze pro nejmenší hmotnosti. Rýpadla se základním provedením podvozku se mohou pohybovat v příkrých stoupáních a stěsnaných podmínkách. Proces rozpojování vyžaduje přenos značných sil ve styčných plochách aktivních částí podvozku a pojezdové podložky.

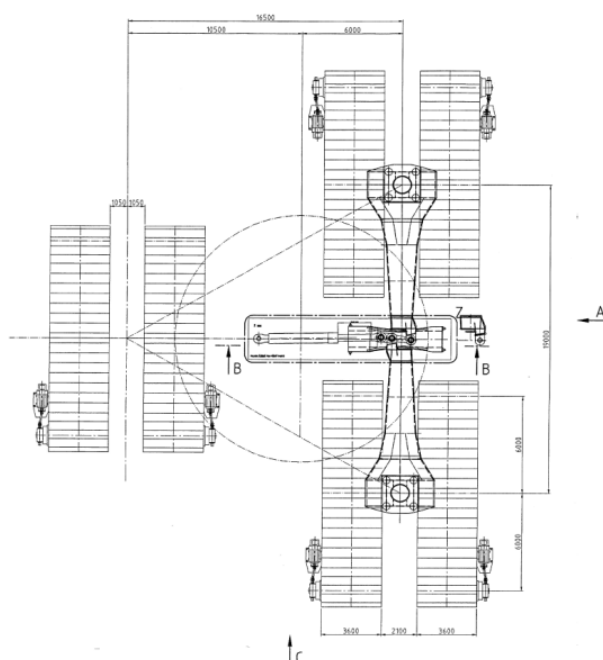


Obr.6.15: Lopatové rýpadlo Caterpillar

- **tříhousenicové systémy:** jejich využití je zejména u podpěrných vozů pod nakládacími výložníky, kde nejsou takové hmotnosti a tlak na pojezdovou podložku.

- **podvozky se třemi dvojicemi housenic:** používají se pro rýpadla o hmotnostech od 1000 t do cca 5000 t, přičemž každá dvojice je složena ze základního provedení. Tyto podvozky se používají u těžebních strojů např. K 800, K 2000, KU 300.

Natáčení říditelné dvojice housenic je řešeno pohybovým šroubem, nebo hydraulickým válcem. Při jízdě zatáčkou má pak každá housenice rozdílnou rychlost, což se řeší elektricky.



Obr.6.16: Tříbodové uspořádání housenicového podvozku

Pohony housenicových podvozků jsou uspořádány pro každou housenici zvlášť a většinou jsou používány čelní a kuželočelní převodovky se stejnosměrnými elektromotory.

Základním požadavkem na housenicový podvozek, je schopnost průchodu neupraveným terénem se značnými nerovnostmi. Housenicový pás proto musí umožnit svou deformaci v podélném směru a to, jak vertikálně, tak i kroucením podle podélné osy. Toho je docíleno celovahadlovým podvozkem jednodráhovým nebo dvoudráhovým. Jednodráhové provedení je jednodušší svým provedením, ale za cenu většího zatížení pojezdového kola.

Proto jsou vyšší materiálové a technologické nároky na jejich výrobu. Znamé konstrukce pojezdových kol nám dovolují zatížení až 450 kN. Takto zatížená kola jsou kována z oceli třídy 15260 a tepelně zpracovány.



Obr.6.17: Housenicový podvozek SchRs 1320

Rozdíl rychlostí mezi housenicovým a kráčivým podvozkem je až 10 - ti násobný. Kráčivé podvozky mají rychlost 60 – 90 m/hod, oproti tomu housenicové 600m/hod, podle kvality pojezdové pláně.

1.4. Mazání podvozků rýpadel

Podvozky velkostrojů jsou nedílnou součástí stroje a na jejich funkční spolehlivosti je mnohdy, podle začlenění do technologického celku lomu, závislá výsledná produkce těžby uhlí, proto je zapotřebí věnovat jejich údržbě patřičnou péči. Housenicový podvozek přenáší veškerou tíhu stroje na pojezdovou pláň. Při pojíždění dochází ke vzájemnému pohybu součástí a ten je doprovázen větším nebo menším třením. Tření má za následek jednak opotřebení součástí a dále vznik tepla, které způsobuje kinematické změny prvků, což může za určitých okolností způsobit zablokování pohybu a mechanickou destrukci. Kromě toho může do jednotlivých třecích míst vnikat voda, prach, případně jiné abrazivní látky, které při těžbě hnědého uhlí nejsou výjimkou.

Při pohybu velkstroje se do mazaných prostorů postupně doplňuje mazivo, aby se nahradil jeho přirozený úbytek. Potřebná intenzita přísunu nového maziva je závislá na konstrukčních parametrech mazaného místa, ale také na časově proměnných veličinách. Jednopotrubní centrální mazací systém zajišťuje spojitý přísun mazacího tuku s proměnlivou intenzitou v závislosti na okamžitém provozním stavu mazaného místa. K správnému dávkování dochází pomocí progresivních rozdělovačů, např. SX-D od výrobce mazacích systémů BEKA, které zásobují mazaná místa mazivem.

Rozdělovače svým konstrukčním řešením zajišťují potřebný přísun mazacího tuku do mazaného místa a brání přemazání tohoto místa. Přemazání by zhoršovalo prostředí, např. ložiska, ve kterém pracuje a vlivem vyšší teploty by mohlo dojít k poruše. Rozdělovač je složen z vrchní a spodní části, které zabezpečují jeho funkci. V jednotlivých částech je pryžová těsnicí kuželka, zpětná záklopka, komory, dávkovací píst s tlačnou pružinou a těsnicí pryžový kroužek.

Součástí jednopotrubního centrálního mazacího systému je pumpa, např. F-Super 3 od výrobce BEKA a zásobník mazacího tuku. Zásobník je prachotěsný s elektronickým hlídáním horní a spodní hladiny. Spodní hladina zabráňuje systému v chodu na prázdko a hlídání horní polohy zjednodušuje pracovníkům údržbu jeho plnění.



Obr.6.18: Rozvod mazání hosenicového podvozku

Funkce mazacího systému spočívá v tom, že jmenovitým tlakem se přivede ze zásobníku pumpou a přívodním potrubím mazací tuk ne těsnící pryžovou kuželku v rozdělovači. Ta je tlakem doražena na dávkovací ventil a dochází k obtékání maziva do komory. Hromaděním maziva v komoře se uvede do pohybu dávkovací píst a ten vytlačí z předchozího cyklu nahromaděný mazací tuk do vývodu rozdělovače. Z progresivního rozdělovače se dostane mazivo pomocí trubkového rozvodu k mazanému místu.

Při poklesu tlaku v okruhu mazacího systému na odlehčovací tlak dojde k uvolnění dávkovacího pístu a pomocí tlačné pružiny dojde k jeho návratu do výchozí polohy. Tento pohyb, spojený spolu s nárůstem tlaku maziva v komoře odstraní těsnící pryžovou kuželku, tou se uzavře cesta zpět do rozdělovače a otevře se přepouštěcí otvor. Tím se mazací tuk přesunuje z komory do komory. Pokud píst dokončil svůj zdvih a mazivo se úplně přesunulo, těsnící pryžová kuželka zcela uzavře přepouštěcí otvor a dávkovací píst je připraven na další cyklus.

Jednotlivé cykly mezi intervaly mazání jsou řízeny elektronickým systémem, který je nastaven podle potřeb mazaného konstrukčního prvku. Tento systém vyhodnocuje stav náplně v zásobníku a poškozená místa rozvodu.

2. Konstrukční návrh nosiče housenic pro rýpadlo o hmotnosti 3900 tun

Cílem konstrukčního návrhu nosiče housenice je vytvořit hospodárnou konstrukci, která bude pod dobu životnosti rýpadla plnit předpokládanou funkci. Nosič housenicového podvozku musí splňovat podmínky spolehlivosti. Mezi tyto podmínky řadíme únosnost, únavovou pevnost, stabilitu tvaru, stabilitu polohy a odolnost proti porušení křehkým lomem. Splnění těchto podmínek je zárukou, že konstrukce nosiče housenice nebude bránit řádné funkci velkstroje.

Funkce ocelové konstrukce housenicového podvozku spočívá ve vytvoření podpěrného systému, který bude zajišťovat bezpečnost pro osádku a vytvoří podmínky pro kontrolu, údržbu a opravy. Vzhledem ke skutečnosti, že housenicové podvozky tvoří 1/3 váhy celého stroje, je kladen důraz na vytvoření lehké a hospodárné svařované konstrukce. Při návrhu ocelové konstrukce nosiče se postupuje dle ČSN 27 7008.

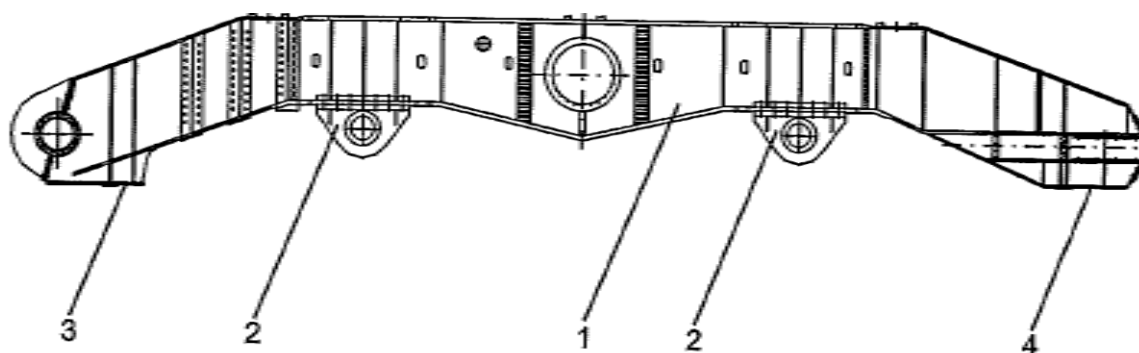
Normou ČSN 27 7008 jsou určeny velikosti dílčích zatížení, které určují maximální napětí v konstrukci. Mezi jednotlivá dílčí zatížení patří vlastní váha, váha těženého materiálu, účinek větru a sněhu a účinky všech pasivních odporů. V konstrukci mohou vznikat také odpory spojené nesprávnou montáží, jako důsledek násilného přizpůsobení při montáži, a odpory plynoucí ze specifických podmínek provozu velkstroje.

Nosič housenice je navržen jako svařovaná, v krutu tuhá skříňová konstrukce průchozího, otevřeného typu. Materiál svařované konstrukce volím 11 503 pro svoji zaručenou svařitelnost a s ohledem na prostředí, úroveň a rychlost zatěžování. Zatížení ovlivňuje volbu materiálu podle meze kluzu R_e a pevnosti v tahu R_m . V nosiči je uložen hnací a vratný turas s napínacím zařízením.

Materiál 11 503 (S 355 J2 G3) je uhlíková ocel s uklidněnou jemnozrnnou strukturou. Má zaručenou vrubovou houževnatost do -20°C . Svařitelnost je zaručena do tloušťky 16 mm, nad tuto tloušťku je svařitelnost podmíněna. Nejmenší mez kluzu $R_e = 305$ až 355 MPa a pevnost v tahu $R_m = 490$ až 630 MPa.

Uvnitř housenicového nosiče dochází k rozložení zatížení prostřednictvím vahadlového systému a pojezdových kol housenicových článků. Účelem konstrukce vahadlového housenicového podvozku, který se používá u velkstrojů,

je kopírování terénu, aby veškeré opěrné body byly vždy doopravdy opěrné. To je zaručeno použitím víceúhlových vahadlových podvozků, které jsou u velkstrojů limitujícím prvkem jejich velikosti. Pevnost a životnost svařované konstrukce je ovlivněna kvalitou svarových spojů. Použité přídatné materiály nesmí mít větší obsah fosforu a síry než je v základním materiálu. Pokud by materiál svarového spoje měl při cyklickém zatěžování výrazně větší plasticitu než základní materiál, koncentrovala by se v jeho objemu cyklicky proměnná plastická deformace a tím by docházelo k poklesu odolnosti svarových spojů vůči únavě.



Obr.6.19: 1- nosič housenice, 2 - posunovače vahadel, 3,4 – přítlačné body

Výkyvný – vahadlový systém s pojezdovými koly je uložen na stálých čepech, pohyblivě v posunovačích vahadel na spodní části nosiče housenice. Vahadlové posunovače jsou přišroubovány, tím může být článkový systém demontován z každé strany.

Na spodní části housenicového nosiče jsou přítlačné body pro hydraulické zvedáky. Na těchto bodech lze dosáhnout přítlakem úplného odlehčení jednotlivých částí podvozku pro účely kontrolních prohlídek nebo oprav.

Předpokládá se, že konstrukce bude namáhána pouze staticky neměnným zatížením. Silové nebo deformační zatížení nesmí, za dobu předpokládaného života, konstrukci porušit únavovým lomem. Nelze vyloučit poškození monotónním zatížením a korozí. Počet cyklů namáhání nebude vyšší než 2000 za dobu předpokládaného technického života nosiče housenice.

Svary konstrukce nosiče housenice budou začištěny a zkontrolovány, aby se předešlo následným opravám zápalů a prasklinám vlivem pnutí. Ocelová konstrukce bude opatřena ochranným protikorozním nátěrem.

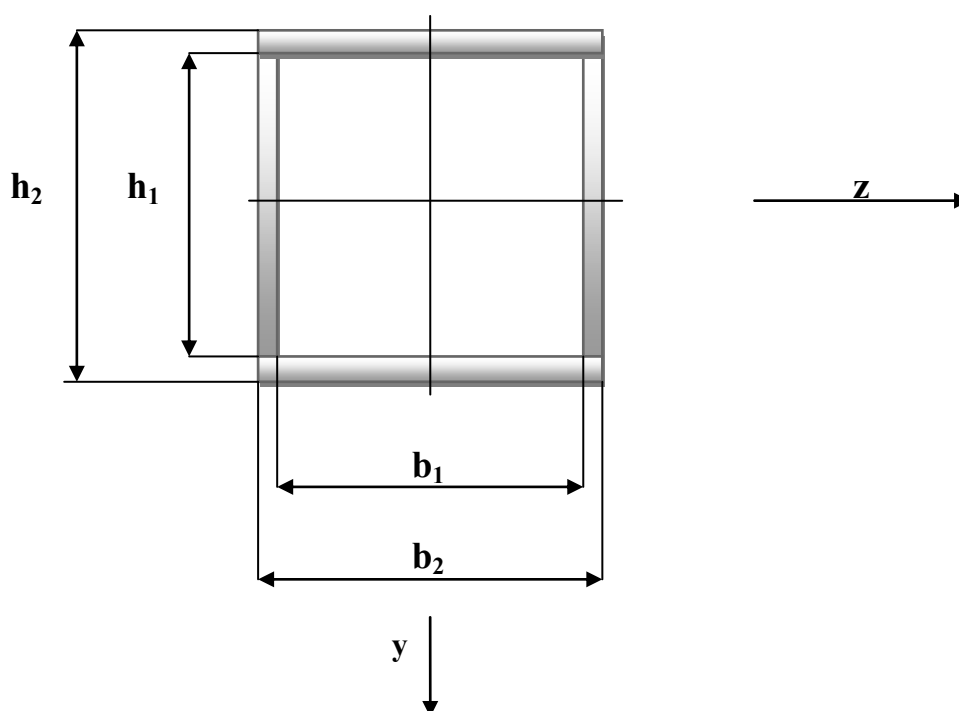
Pro volbu vhodného nátěru se předpokládá, že konstrukce bude vystavena vlivu korozního prostředí při teplotě oceli nebo vzduchu od -30°C do $+60^{\circ}\text{C}$. Před nátěrem bude provedena kontrola svarů, které musí být celoobvodové. Nosič housenicového podvozku bude bez průlezných otvorů, proto je zapotřebí před uzavřením provést vysátí nečistot a potom vzduchotěsně a vodotěsně uzavřít. Hrany ocelové konstrukce musí být bez otřepů, zápalů a otvory pro šrouby zaobleny minimálním rádiusem $R = 2 \text{ mm}$.

Nátěr bude složen ze dvou základních a dvou uzavíracích vrstev. Je potřeba, aby mezi nanášením jednotlivých vrstev byla předcházející částečně vytvrzená. Svary, otvory, hrany a obtížně přístupná místa budou před prvním nástřikem opatřeny pásovým nátěrem, ručně štětcem. Nutností je, aby nátěr nebyl prováděn při vyšší vlhkosti vzduch než 75% a teplotě nižší než 5°C .

Profil nosiče housenice:

$$h_1 = 936 \text{ mm}, h_2 = 1036 \text{ mm}$$

$$b_1 = 1230 \text{ mm}, b_2 = 1290 \text{ mm}$$



3. Základní výpočet výkonu pohonu housenicového podvozku a pevnostní výpočet nosiče housenice

Při návrhu výkonu pro pohony housenicového podvozku je nutné vycházet z předpokladu, že musí být překonány odpory ΣW vytvořené okolním prostředím na podvozek. Cílem výpočtu je zjistit potřebnou tažnou sílu F_T , ze které se vypočítá potřebný výkon pohonů. Při výpočtu bude brán zřetel na odpor při jízdě do svahu, valivý odpor při přímé jízdě, odpor při projíždění oblouku a pasivní odpory podvozku. Nosič housenice bude pevnostně přepočítán na zatížení středním tlakem.

Zadané hodnoty:

Celková hmotnost $m = 3900 \text{ t}$

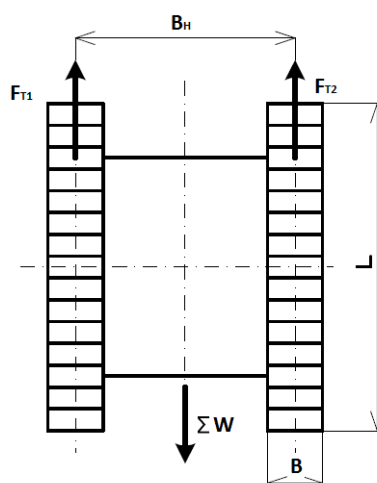
Gravitační zrychlení $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$

Úhel stoupání $\alpha = 4^\circ$

Rychlost jízdy $v = 2,5 \text{ m.min}^{-1}$

Šířka housenice $B = 3,6 \text{ m}$

Délka housenice $L = 12 \text{ m}$



Obr.6.20: Schéma rozložení sil

Tíha podvozku

$$G = m \cdot g$$

$$G = 38259000 \text{ N}$$

Hnacím turasem je nutné vyvodit takový tah v housenicovém pásu, aby byly překonány všechny odpory bránící jízdě.

Tažná síla pohonu je:

$$F_T \geq \sum_{i=1}^n W_i \quad N$$

3.1 Výpočet celkového jízdního odporu

$$W = W_a + W_v + W_p + W_o + W_s + W_r \quad N$$

$$W = \underline{9874440 \text{ N}}$$

3.1.1 Odpor ze zrychlení při rozjezdu - W_a

Pokud je rozjezd rovnoměrně zrychleným pohybem platí:

$$W_a = \frac{G}{g} \cdot a = \frac{G}{g} \cdot \frac{v}{t_r}$$

$$W_a = \underline{4310,5 \text{ N}}$$

G – hmotnost rýpadla [N]

g – gravitační zrychlení [m.s^{-2}]

a – zrychlení [m.s^{-2}]

t_r – doba rozjezdu [s]

Doba rozjezdu velkostrojů pro dobývání uhlí, vzhledem ke své hmotnosti bývá přibližně 38s. Dalším prvkem ovlivňující rozjezd rýpadla je odstranění poklesů v elektrické rozvodné síti, vlivem velkých výkonů motorů.

3.1.2 Valivý odpor přímé jízdy - W_v

Vzniká stlačením pojízdné podložky, při jízdě po rovině se spotřebuje práce rovnající se práci potřebné na stlačení zeminy na ploše housenicových plátů. Nazýváme ho

Střední tlak na zeminu:

$$p = \frac{G}{S} = \frac{G}{n \cdot B \cdot L}$$

$$p = \underline{0,127 \text{ Mpa}}$$

Ve výpočtu středního měrného tlaku uvažuji s ideálními podmínkami pro provoz rýpadla. V praxi se hodnota tlaku na podložku mění a dochází k jeho kolísání. Maximální hodnota měrného tlaku na podložku může být až 2,5 krát vyšší než je hodnota středního. Kolísání tlaku se promítá do vlivu boření housenice. Hloubka zaboření je závislá na počtu projetí rýpadla ve stejné dráze.

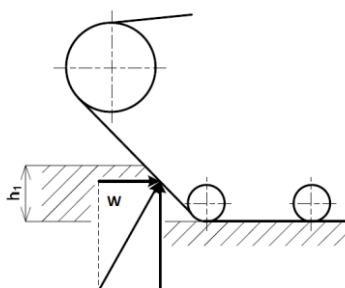
Provozní podmínky pro výpočet středního tlaku:

- spodní plocha pásu nese zatížení celou svojí délkou a šířkou při každém druhu zeminy a při každém zaboření
- zatížení je rozděleno rovnoměrně po celé ploše pásu
- svislé zatížení na pás působí v jeho středu
- jednotlivé články pásu budou při pojíždění opěrnými kladkami stejnoměrně zatíženy a nebudou se naklápět.

Valivý odpor při přímé jízdě lze určit ze vztahu:

$$W_v = \frac{1}{2} n \cdot \frac{p}{p_o} \cdot B \cdot \psi^2 \quad \text{korekční faktor volím } \psi = 1,5$$

$$W_v = \underline{123444 \text{ N}} \quad \text{počet housenic} \quad n = 6$$



Obr.6.21: Valivý odpor při přímé jízdě

Hloubku zaboření housenicového plátu zjistíme tím, že při najetí pojezdového kola na plát, se plát jednostranně zaboří. Po jeho najetí nastává zaboření zadní strany plátu a naopak přední část se zdvihá. To se projeví jako dýchání housenice, které vzniká při projíždění pojezdových kol po člancích a tím dochází ke změnám tlaku na podložku.

Součinitel měrného tlaku se určí z následující tabulky podle podmínek, za kterých bude rýpadlo pracovat.

Tabulka 1. – součinitel měrného tlaku k tuhosti pojezdové pláně - p_o

p_o [Mpa.mm ⁻¹]	Rozbahněná hlína, vlhký písek	Mokrý hlína, ornice, písek	Vlhká hlína hrubozrnný písek	Pevná hlína
	0,018 až 0,025	0,025 až 0,036	0,035 až 0,06	0,1 až 0,125

3.1.3 Pasivní vnitřní odpory – W_p

Tyto odpory jsou složeny z odporů mechanismů pojížděcího ústrojí a odporů které kladou elementy housenicových pásů. Snižují účinnost celkového výkonu pohonu housenice. Pokud je tato účinnost u jednoho převodu pohonu cca 0,94%, po započtení všech pasivních odporů klesá na hodnoty 0,6 až 0,75%. Při pohybu housenicového řetězu dochází mezi články housenice k valivému tření po jednotlivých konstrukčních částech. Tento odpor vzhledem k hmotnostem rýpadel je velký a proto s ním počítáme ve výpočtu.

$$W_p = W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5$$

$$W_p = \underline{2512746 \text{ N}}$$

$$W_1 - \text{odpory v ložiscích nosných kladek} \quad W_1 = 0,018 \cdot G$$

$$W_2 - \text{odpory v ložiscích hnacího turasu} \quad W_2 = 0,0122 \cdot G$$

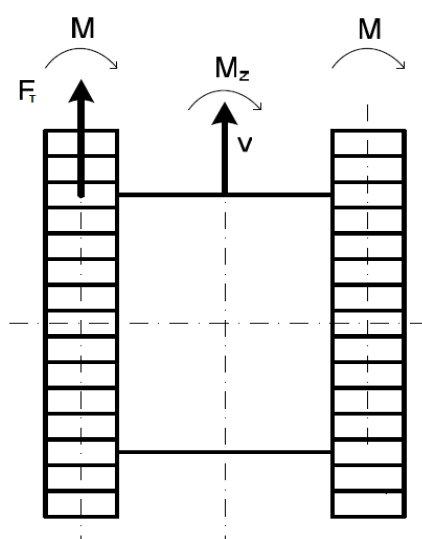
$$W_3 - \text{odpory v ložiscích vratného turasu} \quad W_3 = 0,0162 \cdot G$$

$$W_4 - \text{valivé odpory nosných kladek} \quad W_4 = 0,005 \cdot G$$

$$W_5 - \text{odpor tuhosti housenicového pásu} \quad W_5 = 0,0148 \cdot G$$

3.1.4 Odpor při projíždění oblouku – W_o

Při projíždění oblouku se housenice pohybuje vpřed a současně se natáčí kolem svého středu. Tím pádem dochází ke smyku pásu po povrchu podložky, znamená to, že musí dojít k překonání tření mezi podvozkem a podložkou. Plynulá jízda podvozku do oblouku je umožněna různou rychlostí vnějšího a vnitřního pásu. Rozdílu rychlostí se docílí rozdílnými otáčkami poháněcích motorů podvozku a střed opisovaného oblouku leží mimo opěrnou plochu pásu.



Obr.6.22 : Silové poměry při natáčení

Výpočet momentu k usmýknutí pro dvouhousenicový podvozek:

$$M_z = \alpha \cdot \mu \cdot \frac{G \cdot L}{4}$$

$$M_z = \underline{24814787 \text{ Nm}}$$

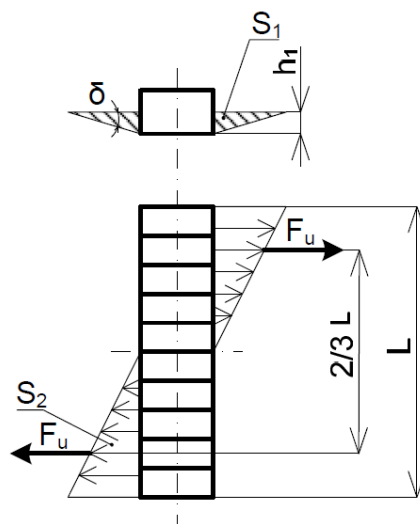
součinitel tření pro jílovitou pláň $\mu = 0,2$

opravný koeficient $\alpha = 1,081$

Tabulka 2. – stanovení opravného koeficientu – α pro $B/L = 0,3$

B/L	0	0,1	0,2	0,3	0,4
α	1	1,012	1,042	1,081	1,131

Při jízdě do oblouku dochází k zaboření pásů. Po obou stranách vznikají plochy S_1 a S_2 , které ohraničují materiál nutný k usmýknutí. Pro odlehčení odporu usmýknutí je možné kombinovat jízdu do oblouku kombinovat s přímou jízdou. Tím je jízdní dráha průjezdu obloukem tvořena lomenou křivkou, která je tvořena z kruhových oblouků a přímých úseků.



Obr.6.23 : Schéma zaboření pásu při jízdě do oblouku

Výpočet hloubky zaboření:

$$h_1 = \frac{p}{p_o} \cdot 0,01$$

$$h_1 = \underline{0,0508 \text{ m}}$$

Plocha hloubky zaboření:

$$S_1 = \frac{1}{2} \cdot \frac{h_1^2}{\tan \delta}$$

$$S_1 = \underline{1,84 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2}$$

Plocha usmýknutí:

$$S_2 = \frac{L}{4} \cdot h_1 \cdot \operatorname{tg} \delta$$

 $\delta = 35^\circ$ vnitřní úhel tření zeminy

$$S_2 = \underline{0,107 \text{ m}^2}$$

Síla potřebná k usmýknutí:

$$F_u = S_1 + S_2 \cdot k_z$$

$$F_u = \underline{32652 \text{ N}}$$

smyková pevnost zeminy $k_z = 0,3 \text{ Mpa}$ **Moment potřebný k usmýknutí pásu:**

$$M_u = 2 \cdot \frac{2}{3} \cdot F_u \cdot L$$

$$M_u = \underline{522432 \text{ Nm}}$$

Celkový moment odporu zatáčení:

$$M_c = M_z + M_u$$

$$M_c = \underline{25337219 \text{ Nm}}$$

Výpočet odporu jako tahové síly pro překonání momentu M_c :

$$W_o = \frac{M_c}{B_H}$$

$$W_o = \underline{4445126 \text{ N}}$$

 $B_H = 5,7 \text{ m}$ rozteč housenicových pásů jedné dvojice**3.1.5 Odpor stoupání – W_s**

Odpor stoupání vychází z úhlu nakloněné roviny, po které se housenicový podvozek pohybuje.

$$W_s = G \cdot \sin \alpha$$

úhel sklonu svahu $\alpha = 4^\circ$

$$W_s = \underline{2668813 \text{ N}}$$

3.1.6 Odpor větru – W_r

Odpor větru vychází z rychlosti 20 m.s^{-1} , do které je možné bezpečně rýpadlo provozovat za dodržení platných bezpečnostních předpisů, po překročení této rychlosti větru se stroj odstaví do bezpečného postavení. Pohony pojezdů velkstroje musí být schopny, při překročení dané rychlosti větru, provozu v nouzovém režimu stroje (ruční ovládání) a dovolit bezpečné odstavení rýpadla.

Odpor větru se vypočítá:

$$W_r = S' \cdot p_v \cdot c_x$$

$$W_r = \underline{120\,000 \text{ N}}$$

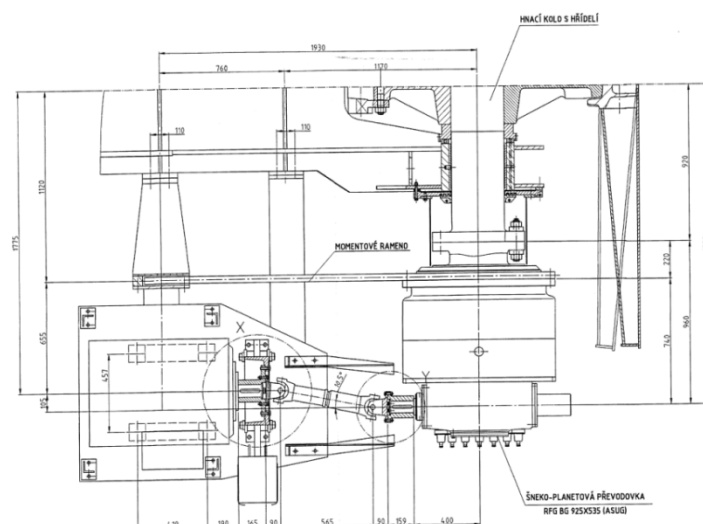
uvažuji pro předběžný výpočet s hodnotou měrného tlaku $p_v = 500 \text{ Pa}$

součinitel odporu (vyjadřuje vliv geometrického tvaru obtékaného objektu) $c_x = 0,8$

plocha velkstroje při bezpečném postavení (směr výložníku ve směru větru) $S' = 300 \text{ m}^2$

3.2 Výpočet výkonu housenicového podvozku

Výpočtem výkonu dostaneme hodnotu pro katalogové určení motoru pohonu housenice na základě vypočtené tažné síly F_T , která je hnacím turasem přenášena na housenicový řetěz a tím je podvozek uveden do pohybu.



Obr.6.24: Pohon podvozku s napojením na hnací hřídel turasového kola

3.2.1 Výpočet tažné síly na jedenu housenici

Vzhledem k hmotnosti rýpadla 3900 t, je navržený housenicový podvozek složen ze tří dvojic housenicových podvozků. Uložení je třibodové, staticky určité a každá housenice má samostatný pohon. Velikost tažné síly má vliv na plynulý rozjezd housenicového podvozků, její hodnota nesmí překročit hodnotu tření mezi pásem housenice a pojezdovou plání.

$$F_T = \frac{W}{n}$$

$$F_T = \underline{1645740 \text{ N}}$$

Aby nedošlo k prokluzu housenicových článků po pojezdové pláni, musí platit pro hladké rýpadlové pásy následující podmínka:

$$F_T \leq T$$

výpočet třecí síly mezi články pásů a pojezdovou plání T:

$$T = \frac{Q \cdot \mu \cdot \varphi}{6}$$

$$T = \underline{1909124 \text{ N}}$$

Q - zatížení podvozků [N]

μ - součinitel tření, volím $\mu = 1,3$

$\varphi = \cos \alpha [^\circ]$, kde $\alpha = 4^\circ$ je úhel svahu

$$F_T = 1645740 \text{ N} \leq T = 1909124 \text{ N}$$

Výpočet tažné síly vyhovuje podmínce

3.2.2 Výpočet celkového výkonu pro jednu housenici

$$P = \frac{F_T \cdot v}{1000 \cdot \eta_m}$$

η_m - mechanická účinnost pohonu (0,6 až 0,75)

$$P = \underline{105 \text{ kW}}$$

Dle katalogu Siemens volím výkon motoru pohonu: **P = 110 kW**

3.3. Pevnostní výpočet nosiče housenic

V pevnostním výpočtu nosiče housenice vycházím z tíhy rýpadla, která na nosič působí přes kulový čep a zatěžující síla je rozložena na jednotlivé nosiče. V mém případě se dělí 6 krát, protože vzhledem k hmotnosti stroje jsem použil tři dvojice housenicových podvozků. Nosič housenicového podvozku je brán jako tuhý nosník na pružném podkladě. Výpočet je zaměřen hlavně na sílu působící v ose Y, která nám celý nosič housenice prohýbá a vytváří ohybové napětí.

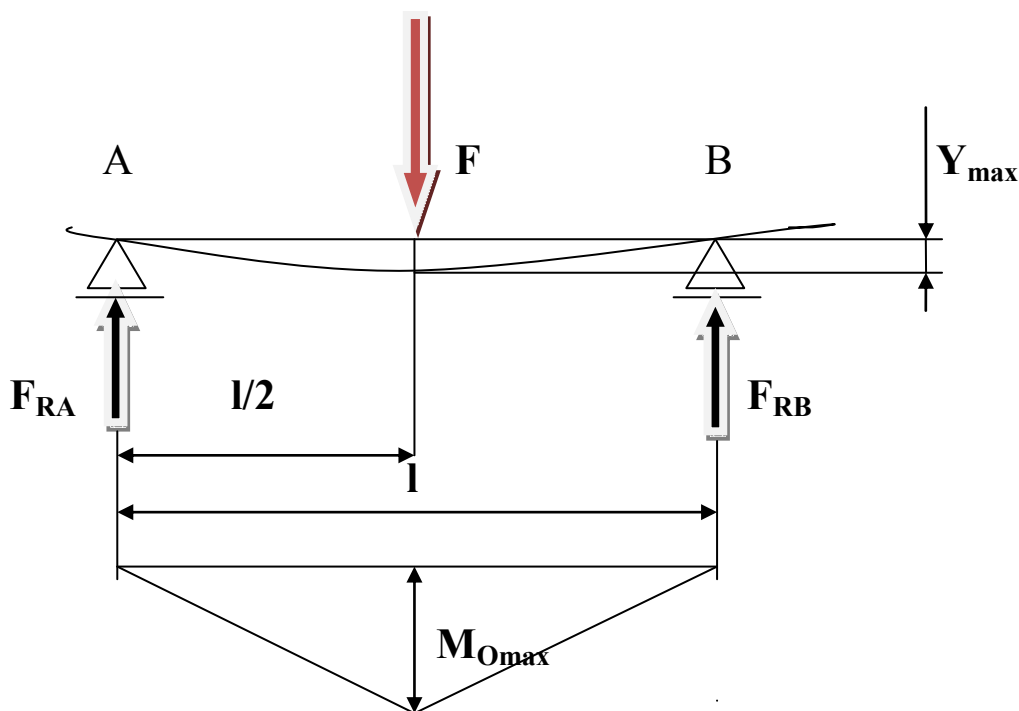
Nosič housenice je svařovaná v krutu tuhá skříňová konstrukce, vzhledem k rozložení hmotností horní stavby přes kulovou dráhu, vyvážení stroje a nesymetrickému uspořádání se třemi páry housenic nepředpokládám v tomto výpočtu napětí v ose Z.

3.3.1 Výpočet ohybového momentu

$$F_x = 0 \quad \text{ve směru osy X nepůsobí žádná síla}$$

$$F_y = 0 \quad F_{RA} - F + F_{RB} = 0 \Rightarrow F_{RA} = F_{RB} = \frac{F}{2} = \underline{3188250 \text{ N}}$$

$$M_O = 0 \quad M_O = \frac{F \cdot l}{4} = \underline{7,971 \cdot 10^9 \text{ Nmm}}$$



3.3.2 Výpočet kvadratických momentů a průřezových modulů

Nosič housenicového podvozku je konstrukcí dutý obdélník, materiál jsem zvolil S 355 J2 G2 (11503). Materiál má dobrou svařitelnost a zaručenou vrubovou houževnatost do - 20 °C, což je pro tuzemské podmínky zcela vyhovující.

$$J_y = \frac{1}{12} h_2 \cdot b_2^3 - h_1 \cdot b_1^3 = 4,26 \cdot 10^{-2} m^4$$

$$W_{oy} = \frac{2 \cdot J_y}{b_2} = \frac{1}{6 \cdot b_2} h_2 \cdot b_2^3 - h_1 \cdot b_1^3 = 6,23 \cdot 10^7 mm^3$$

3.3.3 Výpočet napětí v průřezu

Pro výpočet napětí platí podmínka:

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} \leq \sigma_{Do} = \frac{R_e}{k}$$

k – koeficient bezpečnosti pro měkké oceli (k = 1,7 až 2)

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \underline{\underline{128 MPa}} \leq \sigma_{Do} = \underline{\underline{208 MPa}}$$

vyhovuje podmínce

Napětí σ_o v nosiči housenice nepřekročilo hodnotu dovoleného napětí σ_{Do} . Základní výpočet ověřil, že navržený nosič housenice spolehlivě přenese tíhu velkostroje na pojezdovou podložku. Při dalším rozšíření výpočtu by byl nosič housenice řešen metodou konečných prvků např. v programu Pro Engineer.

3.3.4 Výpočet maximálního průhybu

$$Y_{max} = \frac{F \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot J_y} = \underline{\underline{1,96 mm}}$$

$E = 2,1 \cdot 10^5 MPa$ – modul pružnosti oceli

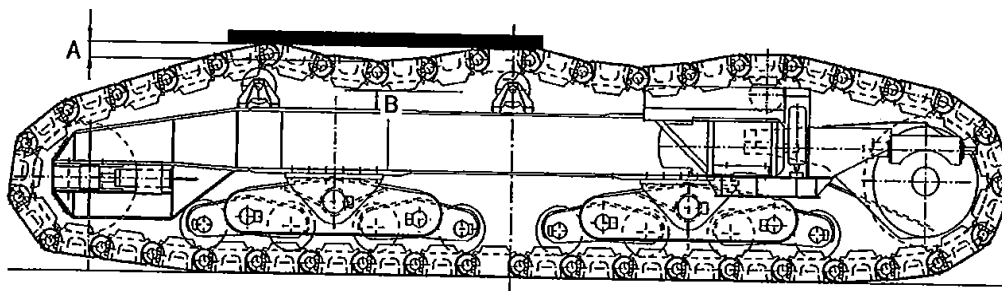
4. Údržba housenicového podvozku

Kvalitní údržbou se sníží náklady vynaložené na opravy spojené s provozem rýpadla v provozních podmínkách lomu. Opravám předcházejí preventivní kontroly:

- Kontrola napnutí housenicového řetězu
- Kontrola opotřebení čepů řetězu, pouzder a vložek
- Měření opotřebení tělesa pojezdového kola
- Měření opotřebení tělesa opěrné kladky
- Kontrola deformací a trhlin vahadel
- Kontrola vůlí (axiální, radiální) uložení vahadel v nosiči
- Kontrola uložení pojezdových kol
- Kontrola opotřebení unašečů turasu
- Kontrola uložení hřídele turasu

4.1. Napínání housenicových článků

Během provozu housenicového podvozku dochází ke značnému namáhání čepů a pouzder jednotlivých článků. Housenicové články je potřeba chránit před zvýšeným namáháním, které by mohlo nastat nesprávným napnutím. Pokud je housenicový řetěz více napnutý než je potřeba a spodní část, která se pohybuje po nerovnostech, nemá odkud brát délku, kterou potřebuje pro jízdu po těchto nerovnostech, dochází ke zvýšenému namáhání opěrných kladek a pojezdových kol.



Obr.6.25: Schéma napnutí housenicového řetězu

Potřebnou zásobu délky housenicového řetězu vytvoříme vhodným průvěsem v horní části. Průvěs by měl být v hodnotách mezi $A = 250 \text{ mm}$ až 300 mm . K napínání housenicového řetězu dochází pomocí vratného turasového kola, hydraulicky. Hydraulický agregát vytvoří patřičný tlak na přímočarý hydraulický válec, tím dochází k pohybu turasového kola ve vodících drážkách a následnému napínání.

Napínací síla je rovna součtu sil v horní a dolní větvi pásu na napínacím vratném turasu. Maximum této síly nastává při couvání stroje do stoupání, při tom se zvyšuje maximální silový účinek housenice na vodící kladku. Maximum síly je přímo úměrné celkovému maximálnímu zatížení housenice při největší hnací síle. K této situaci dojde při přenosu sil mezi housenicovým pásem a pojezdovou plání.

Maximální napínací síla se projevuje, zvláště v případech zrychlených a zpožděných pohybů na rovině, ale i při rovnoměrných zrychlených a zpožděných pohybech velkstroje na svahu. Maximální napínací síly na napínací kolo mohou nastat při ztrátě stability stroje nebo při prokluzu housenicového řetězu.

4.2. Oprava trhlin nosiče housenice

Trhliny, které vznikají provozem nosné části housenicových podvozků v podmínkách povrchových lomů, se mohou vyskytnout především v částech ovlivněných sváry a ve vlastních spojovacích svarech. Z tohoto důvodu je zapotřebí klást důraz na kvalitu svářečských prací, které jsou podmíněny kvalifikací a zkušenostmi svářeče.

Zjištěná trhlina se nejprve musí bezpečně identifikovat spolehlivou detekční metodou, aby byl znám začátek a konec. Trhlina musí být prohlédnuta na lici i na rubu, tím zjistíme skutečný rozsah poškození. Konec trhliny odvrátíme (je také možné vypálit otvor a vybrousit do bezvrubného povrchu) tak, že osa díry je shodná s koncem trhliny. Materiál přilehlý k trhlíně je potřeba vydrážkovat, případně vybrousit do nutné míry potřebné pro vhodný typ tupého svaru. Pokud nám to situace dovoluje, je vhodnější aplikovat tupé oboustranné svary před jednostrannými a svarům podloženým před svary bez ošetření kořene. Z hlediska únavy materiálu je potřeba vyhotovit svary v bezvrubném provedení, tzn. bez převýšení a se zabroušením povrchu. Elektrody musíme použít pro ruční svařování elektrickým obloukem a shodných mechanických vlastností se základním materiálem.

Vhodná elektroda pro svařování materiálu S 355 J3 G2 je s označením E 48.93. Kvalitu všech tupých svarů je potřeba dodržet na odpovídajícím stupni KS 2 podle ČSN 05 1173.

Nosič housenicového podvozku je tvořen plechy tloušťky nad 20 mm, jedná se o tloušťky plechů, u kterých je zaručená svařitelnost odvislá od přehřevu svarové oblasti. Přehřevem je zapotřebí dosáhnout teploty min. 200°C. Tuto teplotu je potřeba dodržet po celou dobu svařování v dané oblasti. Po svařování je nutné povrch svaru přebrousit do roviny jemnou bruskou vedenou kolmo na podélný rozměr svaru. V oblastech konstrukce, která má přechody ze silných průřezů do slabých, je nutné dodržet pozvolné ochlazování, popř. dohřev. Tímto postupem se minimalizuje vnitřní pnutí materiálu v oblasti svařované části konstrukce.

Pokud by docházelo během provozu k opakovaným opravám stejných míst, je zapotřebí vzhledem k možným změnám mechanických vlastností stykových ploch nahradit přilehlé oblasti novým materiálem. Upřesnění tohoto postupu, určení vhodných elektrod a určení druhu svaru, je vždy zapotřebí stanovit svařovacím technologem zajišťujícím opravu.

4.3. Nedestruktivní defektoskopie

Jedná se o takové zkoušky a kontroly materiálů, při jejichž použití nedojde k poškození zkoušeného výrobku. To znamená, že při této metodě nemusíme zkoušenou konstrukci porušit, například rozříznutím, abychom zjistili rozsah praskliny.

V současnosti má kontrola a řízení kvality výroby nezastupitelné místo a právě nedestruktivní metody jsou často vyhledávaným způsobem detekce vad. Tato kontrola se využívá hlavně pro rychlé odhalení skrytých vad a to jak ve výrobě, tak při kontrole již používaných konstrukcí.

Každá kontrola má své hranice použitelnosti, které vyplývají z daných podmínek, aby bylo možné vždy bezpečně určit stupeň poškození.

Metody defektoskopie:

Metoda vizuální – jedná se o nejjednodušší nedestruktivní metodu, která spočívá ve vizuální kontrole povrchu materiálu, svarů, výrobků a odlitků. Zkoušený povrch se prohlíží

pouhým okem nebo lupou či mikroskopem. U nepřímé metody se na kontrolu zkoušeného povrchu používá endoskop. Tato metoda se používá ke zjišťování povrchových necelistvostí a porušení prvků ocelových konstrukcí, jako jsou trhliny, koroze a porita. Jedná se o metodu, při které dochází k rychlé identifikaci vady.

Metoda magnetická – slouží ke zjišťování plošných vad, které jsou umístěny na povrchu nebo těsně pod povrchem s využitím magnetických vlastností materiálů. K vytvoření magnetického pole v místě vady je nutno zkoušený předmět zmagnetizovat a to kolmo na směr zjišťovaných necelistvostí. Postup je takový, že na části zkoušeného předmětu se vytváří magnetické póly buď trvale, nebo po určitou dobu. Vytvořené magnetické pole je většinou rozloženo ve směru podélné osy, a tím můžeme zjistit příčné necelistvosti v kontrolované části konstrukce. Rozlišujeme magnetickou zkoušku práškovou a fluorescenční.

Metoda kapilární – je založena na tzv. kapilárních jevech, povrchové napětí a viskozita, zkušebních kapalin. Princip metody spočívá ve využití vztlakovosti a smáčivosti vhodných kapalin a jejich barevnosti nebo fluorescence. Pokrývá se jimi zkoušený povrch a kapaliny vnikají do vad. Po odstranění přebytku penetrantu vztlíná zbytek na povrch, kde vytváří za pomoci vývojký barevnou fluorescenční identifikaci vady.

Tato metoda je citlivá na přípravu povrchu, který je nutno před zkouškou dobře očistit od mechanických nečistot, rzi, nátěru a odmastit.

Metoda kontroly ultrazvukem – touto metodou se zjišťují vnitřní vady materiálů plošného charakteru a vnitřní vady svarů. Zjistíme nejen možné poškození, ale i možnou polohu a velikost vady. Ultrazvuk je mechanické kmitání částic prostředí s frekvencí nad 20 000 Hz. K vlastnímu provádění metody slouží ultrazvukové přístroje a zkušební sondy. Pro kontrolu svarů se používá tzv. metoda impulsní odrazová.

Metoda prozařováním – slouží především ke zjišťování vnitřních objemových vad, jako jsou póry a neprovařené kořeny svarů. Princip spočívá v průchodu ionizujícího záření hmotou, při kterém se zeslabuje. Dopadne-li záření prošlo výrobkem na film, vznikne obraz vad jako tmavších míst. Podle druhu ionizujícího záření dělíme zkoušku na prozařování uzavřenými izotopy a na prozařování technickými rentgenovými lampami.

5. Příprava pojezdové pláně pro provoz housenicového podvozku

Rozvoj moderních technologií a nástup povrchového dobývání uhlí, přenesl svoji činnost do lokalit, bývalých hlubinných dolů. Staré důlní chodby jsou rizikem pro pohyb velkostrojů, hrozí zde propadnutí rýpadel a vysoké finanční škody při případných haváriích. Aby se předešlo nepředpokládané nestabilitě pojezdové pláně, je jejímu průzkumu a úpravě věnována velká pozornost. Úprava prostoru postupu velkostroje je nutná vždy po vytěžení prostoru před rýpadlem, aby bylo možné vše zaznamenat do map a rozdělit pojezdovou pláň na bezpečná nebo nebezpečná území.



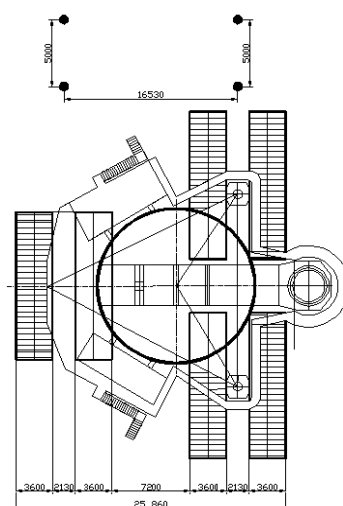
Obr.6.26: Nezavalené důlní dílo na DNT

5.1. Dělení pojezdové pláně podle rizik

- a. **rizikové území:** jedná se o území uhelného lomu s výskytem známých, na základě zachovaných map, případně předpokládaných starých a opuštěných podzemních zavalených nebo nezavalených důlních děl a jiných podzemních prostor. Takovéto území dále dělíme na :
 - **rizikové území I:** což jsou plochy v rizikovém území odrubané hlubinným dobýváním, kde se předpokládá, že veškerá důlní díla jsou zavalena. V rizikovém území I se nepředpokládá ohrožení bezpečnosti pracovníků zajišťující provoz pomocné mechanizace a velkostroje.

- **rizikové území II:** v tomto rizikovém území se vyskytují plochy s výskytem starých a opuštěných důlních děl, kde se předpokládá, že důlní díla jsou nezavalena a mocnost nadloží je nižší než 6 m. Takto zjištěné je nutné dále ověřit předvrtáním a veškeré komunikace vedoucí tímto územím vytýčit.
- b. rizikové místo:** jedná se o rizikové území, které má v terénu vytýčené místo, kde se dle předpokladů nachází svislé hlubinné dílo a mocnost nadloží je nižší než 6 m. Takovéto místo je z hlediska bezpečnosti posuzováno jako jáma nebo šachtice a také musí být řádně označeno a zabezpečeno. Rizikové místo se vytyčuje na hlavě uhelné sloje, vždy po obvodu předpokládaného důlního díla s bočním přesahem 3 m na každou stranu.

Pokud došlo ke zmapování a rozdělení na riziková místa a území, v prostoru předpokládaného pohybu velkostroje, je nutné dále prověřit pojezdovou zkušebními vrty. Prověření se provádí technickými prostředky, jako jsou vrtné soupravy a rýpadla, v místech výskytu zavalených důlních děl v rizikových územích. Zkušební vrty se tvoří podle dané mapy postupu velkostroje. Hloubka vrtu, bývá obvykle 5 m, a členitost se udává vrtným schématem, které se od sebe liší podle typu stroje v dané lokalitě.



Obr.6.27: Vrtné schéma velkostroje

Při zkušebním vrtu se zjišťují dutiny, ty se projevují přerušením výnosu drtě na povrch, následně se zastaví rotace a spuštěním soutyčí se změří svislý rozměr dutiny. K ústím vrtů je zakázáno, z důvodu bezpečnosti, se přibližovat s otevřeným ohněm a jednotlivé vrty musí být před postupem velkostroje neprodleně utěsněny, aby se zabránilo přístupu vzduchu k místům možného vzniku důlního požáru.

Zjištěná nezavalená důlní díla se zanesou do výkresové dokumentace pojezdové pláně a následně se stanoví bezpečný způsob likvidace dutiny. Zavalení je možno provést prohrabání stropu kolesem velkostroje a následným zahrnutím pomocí buldozeru. Tato činnost se řídí vyhláškou BP 26/89 § 2, jedná se o vyhlášku Báňského úřadu pro práci se zvýšeným nebezpečím.

5.2. Bezpečnost práce při přípravě pojezdové pláně

Pro riziko jaké představují stará důlní díla pro všechny pracovníky, kteří se v takové lokalitě pohybují, se vše řídí vyhláškou Českého Báňského úřadu. Tato vyhláška přesně stanovuje koordinaci činností při těžbě hnědého uhlí v těchto oblastech.

Osádky velkostrojů a pomocných mechanismů jsou povinny se zdržovat na určených místech, kde není riziko propadnutí. Každé vzdálení z tohoto pracoviště musí nahlásit řidiči velkostroje. Určený pracovník sleduje případný vznik a průběh trhlin a poklesy pojezdové pláně v oblasti před velkostrojem. Při případném přímém ohrožení velkostroje okamžitě informuje o vzniklé situaci řidiče velkostroje a ten zajistí bezodkladný transport do bezpečného místa.

V případě kdy dojde k odkrytí nebo propadnutí nezavaleného starého důlního díla v pracovním okruhu velkostroje, je do tohoto prostoru zakázán vstup všem pracovníkům. Postup zavalení určí revírník, do doby jeho příchodu je staré důlní dílo zajištěno proti vstupu vstupů a případnému pádu pomocné mechanizace.

Pokud by došlo k takovému proboření velkostroje, že by nemohl vlastním podvozkem odjet do bezpečí, je vyhlášen stav havárie a osádka opustí velkostroj. To se řídí tzv. Havarijním plánem, který je vydán na základě vyhlášky BP 26/89 Sb. §21.

Práce pomocných mechanismů je pod kontrolou osoby pověřené stálým dozorem, který se nesmí vzdálit ze svého pracoviště. Pokud by bylo nutné, aby dozor pracoviště opustil, je nutné přerušit veškeré práce a pomocné mechanismy odstavit na bezpečném místě. Pro případné propadnutí do nezavaleného starého důlního díla jsou jednotlivá pracoviště vybavena lanem o délce 10m, 6m žebříkem a dálkovým dýchacím přístrojem. Tyto záchranné prostředky musí být uloženy nejdále 75 m od místa prováděné práce.

Pokud je znám směr podélné osy starého důlního díla nebo dutiny, je řidič pomocného mechanismu povinen, pokud mu to situace dovoluje, pracovat v kolmém směru na tuto osu. Při případném výskytu zjevných trhlin nebo poklesů v pojezdové rovině, se práce přeruší a stroj je odtaven na bezpečné místo.



Obr.6.28: Propadnutí podvozku vykládacího výložníku SchRs

Závěr

Zadání bakalářské práce bylo řešeno po jednotlivých bodech. V úvodu je řešena problematika pojezdových ústrojí velkostrojů, jejich základní rozdělení a použití při těžbě hnědého uhlí v závislosti na druhu pojezdu. Součástí úvodní rešerše je také poukázáno na nutnost a kvalitu mazání.

V následujícím průběhu práce byl řešen konstrukční návrh nosiče housenicového podvozku s popisem tvaru a zvoleného materiálu. Poukazuji zde na výhody zvoleného řešení při přenosu hmotnosti velkostroje na pojezdovou pláň. Dále je zde poukázáno na přípravu konstrukce pro ochranu antikoročním nátěrem.

Důležitou součástí této práce je výpočet výkonu pohonu housenicového podvozku a základní pevnostní výpočet zatížení nosiče housenice. Návodem k provedení výpočtu byla skripta Hojdar, J.: Povrchové dobývací stroje I, Ostrava 1991 a skripta Gondek, H.: Těžební a zpracovatelské stroje II, Ostrava 2010. Díky výpočtům bylo možné zjistit potřebný výkon motorů housenicového podvozku. V následném pevnostním výpočtu nosiče housenice došlo k ověření ohybového napětí v místě zatížení tíhou stroje a správnost byla potvrzena nepřekročením hodnoty dovoleného napětí.

V další části byla řešena problematika údržby housenicového podvozku v podmínkách povrchové těžby hnědého uhlí. Podstatná část je věnována opravě prasklin s odkazem na způsoby kontroly a jejich zjišťování v průběhu provozu housenicového podvozku. Poukazuji zde je jednotlivé metody nedestruktivní kontroly, jejich výhody a způsoby použití.

V závěru je práce věnována přípravě pojezdové pláně pro velkostroje, kde věnuji pozornost vyhledávání a vytyčování starých důlních děl. Patříčná pozornost je také věnována bezpečnosti práce v lokalitě starých důlních děl.

Součástí bakalářské práce je výkres housenicového článku v programu CAD a výkres konstrukčního návrhu nosiče housenice pro tíhu stroje 3900 tun.

Seznam obrázků

	strana
Obr.6.10.: Použití kolesového podvozku skládkového stroje DNT	8
Obr.6.11.: Vahadlový systém kolesového podvozku skládkového stroje DNT	9
Obr.6.12.: KU 800 při transportu na montážní místo Březno	12
Obr.6.13.: Využití mezikruhového hydraulického kráčení u ZP 2500	13
Obr.6.14.: Schéma posunutí kolejovo - kráčivého podvozku	14
Obr.6.15.: Lopatové rýpadlo Caterpillar	15
Obr.6.16.: Tříbodové uspořádání housenicového podvozku	16
Obr.6.17.: Housenicový podvozek SchRs 1320	17
Obr.6.18.: Rozvod mazání housenicového podvozku	18
Obr.6.19.: Nosič housenice	21
Obr.6.20.: Schéma rozložení sil	23
Obr.6.21.: Valivý odpor při přímé jízdě	25
Obr.6.22.: Silové poměry při natáčení	27
Obr.6.23.: Schéma zaboření pásu při jízdě do oblouku	28
Obr.6.24.: Pohon podvozku s napojením na hnací hřídel turasového kola	30
Obr.6.25.: Schéma napnutí housenicového řetězu	34
Obr.6.26.: Nezavalené důlní dílo na DNT	38
Obr.6.27.: Vrtné schéma velkostroje	39
Obr.6.28.: Propadnutí podvozku vykládacího výložníku SchRs	41

Seznam tabulek

	strana
Tabulka 1: - součinitel měrného tlaku p_0	26
Tabulka 2: - stanovení opravného koeficientu α	28

Seznam příloh

Výkres 1: název: Housenicový článek; číslo výkresu: VS – 0038 – 01

Výkres 2: název: Nosič housenice; číslo výkresu: VS – 0038 – 02

Použitá literatura

- [1] HOJDAR, J. *Povrchové dobývací stroje I.*, 2. vydání, VŠB – TU Ostrava, 1991, 305 s., ISBN 80-7078-125-4
- [2] GONDEK, H. *Těžební a zpracovatelské stroje II.*, 1. vydání, VŠB – TU Ostrava, 2010, 104 s., ISBN 978-80-248-1273-1
- [3] LEINVEBER, J. *Strojnické tabulky*, 2. vydání, Albra Praha 2005, 907 s., ISBN 80-7361-011-6
- [4] ZELENÝ, J. *Stavba strojů, strojní součásti*, 1. vydání, Computer Press Praha 2000, 153 s., ISBN 80-7226-311-0
- [5] *CEMA tech., Hennlich Industrietechnik, spol. s.r.o.* [online] Dostupné z: <<http://www.hennlich.cz>>